

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



554274

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. November 2004 (11.11.2004)

PCT

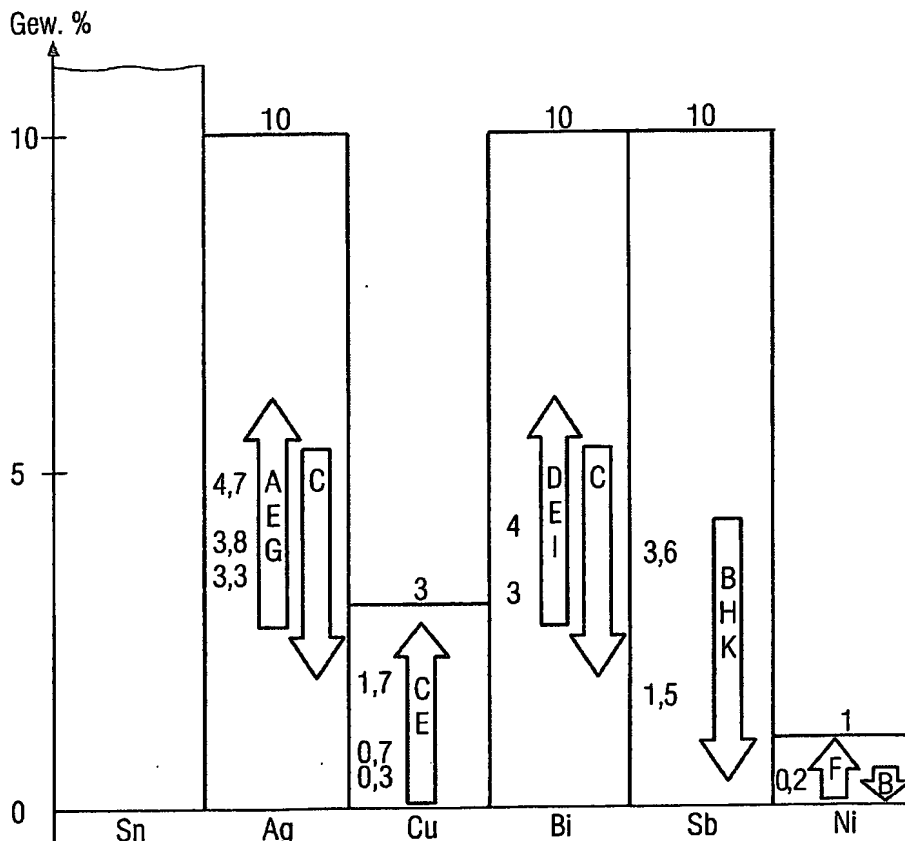
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/096484 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: B23K 35/00 (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE). COOKSON ELECTRONICS ASSEMBLY MATERIALS GROUP ALPHA METALS LÖTSYSTEME GMBH [DE/DE]; Elisabeth-Selbert-Str. 4, 40764 Langenfeld (DE). HENKEL KGAA [DE/DE]; Henkelstr. 67, 40589 Düsseldorf (DE). STANNOL GMBH [DE/DE]; Oskarstr. 3-7, 42283 Wuppertal (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2004/000852
- (22) Internationales Anmeldedatum:
21. April 2004 (21.04.2004)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10319888.1 25. April 2003 (25.04.2003) DE
- (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ALBRECHT, Hans-Jürgen [DE/DE]; Waxweiler Weg 13, 13051 Berlin (DE). BARTL, Klaus Heinrich Georg [DE/DE]; Niersstr. 5, 45136 Essen (DE). KRUPPA, Werner [DE/DE];

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SOLDERING MATERIAL BASED ON SN AG AND CU

(54) Bezeichnung: LOTMATERIAL AUF SNAGCU-BASIS



(57) Abstract: A soldering material based on Sn Ag and Cu is disclosed, to which further alloying components Bi, Sb and, according to the invention, a proportion of 1 wt. % or less of Ni are added. A six-component alloy is thus obtained with a melting point advantageously below that of the eutectic mixture of Sn Ag and Cu at 217 °C and which furthermore has a high creep resistance due to the advantageous promotion of solid solution and dispersion hardening by means of Ni, such that the soldered joints formed with the soldering material are usable at application temperatures of 150 °C. The soldering material can also be composed of several soldering components, the final alloy composition of which comprises 1 wt. % or less of nickel.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Von-Einem-Str. 3, 45130 Essen (DE). **MÜLLER, Klaus** [DE/DE]; Destubener Str. 6, 95448 Bayreuth (DE). **NOWOTTNICK, Mathias** [DE/DE]; Gärtnerstr. 10, 10245 Berlin (DE). **PETZOLD, Gunnar** [DE/DE]; Paulstr. 23, 10557 Berlin (DE). **STEEN, Hector Andrew Hamilton** [GB/GB]; 211 Ebbw Vale Rd, Hemel Hempstead Herts HP3 9RD (GB). **WILKE, Klaus** [DE/DE]; Lübbenauer Weg 7, 12527 Berlin (DE). **WITTKE, Klaus** [DE/DE]; Wulffstr. 11, 12165 Berlin (DE).

(74) **Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESSELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,

PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Es wird ein Lotmaterial auf SnAgCu-Basis vorgeschlagen, dem als weitere Legierungsbestandteile Bi, Sb und erfindungsgemäß ein Anteil von 1 Gew.-% oder weniger Ni zugesetzt werden. Hierdurch wird eine Sechsstofflegierung erhalten, deren Schmelzpunkt vorteilhaft unter demjenigen des SnAgCu-Eutektikums von 217°C liegt und welche weiterhin vorteilhaft aufgrund der Beförderung einer Mischkristall- und Dispersionsverfestigung durch Ni eine hohe Kriechbeständigkeit aufweist, so dass die aus dem Lotmaterial gebildeten Lötverbindungen auch bei Einsatztemperaturen von 150°C verwendbar sind. Das Lotmaterial kann auch aus mehreren Lotkomponenten zusammengesetzt sein, deren finale Legierungszusammensetzung 1 Gew.-% oder weniger Nickel enthält.

Beschreibung

Lotmaterial auf SnAgCu-Basis

Die Erfindung betrifft ein Lotmaterial, enthaltend eine Legierung, die neben Sn (Zinn) als Hauptbestandteil 10 Gew.-% oder weniger Ag (Silber), 10 Gew.-% oder weniger Bi (Wismut), 10 Gew.-% oder weniger Sb (Antimon) und 3 Gew.-% oder weniger Cu (Kupfer) enthält. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Lotmaterial, enthaltend mehrere Lotkomponenten mit derartigen Legierungszusammensetzungen und Anteilen im Lotmaterial, das sich durch Verschmelzung der Lotkomponenten eine Legierung bildet, die Sn, Ag, Bi, Sb und Cu in den oben angegebenen Legierungsanteilen enthält.

Lotmaterialien der eingangs aufgeführten Zusammensetzung werden insbesondere verwendet, wenn allgemein gebräuchliche, bleihaltige Lotmaterialien wegen der ungünstigen Umweltverträglichkeit von Blei ersetzt werden sollen. So ist beispielsweise in der internationalen Patentanmeldung WO 01/03878 A1 ein Lotmaterial beschrieben, welches neben Sn als Hauptbestandteil bis zu 10% Ag, bis zu 5% Cu, bis zu 10% Sb und bis zu 10% Bi enthält. Weiterhin ist aus der europäischen Patentanmeldung EP 0 629 466 A1 ein Lotmaterial bekannt, welches mindestens 90 Gew.-% Sn und als weitere Bestandteile Ag, Bi, Sb und Cu enthält. Aus der internationalen Patentanmeldung WO 00/48784 ist außerdem ein als Reaktionslot ausgebildetes Lotmaterial mit mehreren Lotkomponenten bekannt, welche durch Verschmelzung der Lotkomponenten eine Legierung bildet, in der neben Sn als Hauptkomponente 1-10% Bi, bis zu 5% Sb, bis zu 3% Cu und bis zu 6% Ag enthalten sind.

Die genannten Lotmaterialien basieren auf dem SnAgCu-Dreistoffsystem, welches insbesondere in der Zusammensetzung $\text{SnAg}_{3,8}\text{Cu}_{0,7}$ ein Eutektikum bildet, dessen Schmelzpunkt bei 217°C liegt. Es ist weiterhin bekannt, dass dieser Schmelzpunkt beispielsweise durch Zulegierung von Bi mit einem Le-

2

gierungsanteil von bis zu 10 Gew.-% abgesenkt werden kann. Bi kann auch als Komponente in einem Reaktionslot Verwendung finden, beispielsweise lässt sich die bereits erwähnte eutektische SnAgCu-Legierung als eine Komponente mit Sn43Bi47 als
5 andere Komponente mit einem Schmelzpunkt von 138°C mischen, wodurch das Reaktionslot bei einer wesentlich geringeren Temperatur zu schmelzen beginnt.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Lotmaterial auf
10 Basis des SnAgCu-Systems anzugeben, welches einen vergleichsweise geringen Schmelzpunkt aufweist und gleichzeitig für möglichst hohe Betriebstemperaturen der zu bildenden Lötverbindungen ausgelegt ist.

15 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Legierung des Lotmaterials weiterhin 1,0 Gew.-% oder weniger Ni (Nickel) enthält. Für den Fall, dass das Lotmaterial beispielsweise als Reaktionslot mit mehreren Lotkomponenten ausgebildet ist, wird die Aufgabe erfindungsgemäß dadurch ge-
20 löst, dass in zumindest einer der Lotkomponenten weiterhin Ni in einer derartigen Menge enthalten ist, dass die aus Verschmelzung der Lotkomponenten gewonnene Legierung 1,0 Gew.-% oder weniger Ni enthält.

25 Für das so erhaltene Sechsstoffsystem hat es sich nämlich gezeigt, dass sich die Schmelztemperatur des Lotmaterials unter die eutektoide Schmelztemperatur des Dreistoffsystems SnAgCu von 217°C absenken lässt, so dass beispielsweise bei einer Peaktemperatur in einem Reflowlötoven von 230°C ein genügender Abstand zum Schmelzpunkt des Lotmaterials gewährleistet
30 ist, um eine zuverlässige Ausbildung der zu erzeugenden Lötverbindungen sicher zu stellen. Dabei wird dem Umstand Rechnung getragen, dass die in der IEC vorgesehenen Höchstwerte der Einbringung von Wärme in zu lötfende Bauelemente von 260°C
35 über einen Zeitraum von 10 s bei modernen Bauelementen komplexen Aufbaus von den Herstellern nicht mehr gewährleistet werden. Die zulässigen Peaktemperaturen für diese so genann-

ten advanced packages liegen bei 230°C über einen Zeitraum von 10 s.

- Durch die Zulegierung von bis zu 1,0 Gew.-% oder weniger Nickel zu dem Fünfstoffsystem SnAgCuBiSb wird der Schmelzpunkt des so erhaltenen Lotmaterials nicht wesentlich beeinflusst. Es hat sich aber überraschenderweise gezeigt, dass die Zulegierung von Ni mit einer deutlichen Verbesserung der Kriechbeständigkeit des Lotmaterials verbunden ist. Hierdurch werden vorteilhaft erhöhte Betriebstemperaturen der zu erzeugenden Lotverbindungen möglich. Die heute häufig geforderten Betriebstemperaturen von bis zu 150°C können daher durch die Verwendung des erfindungsgemäßen Lotmaterials ohne weiteres gewährleistet werden. Durch gezielte Einstellung der Legierungsanteile des erfindungsgemäßen Sechsstoffsystems kann sogar ein Lotmaterial bereitgestellt werden, welches den bereits teilweise geforderten Betriebstemperaturen von bis zu 180°C gerecht wird.
- Die Verbesserung der Kriechbeständigkeit von Lötverbindungen aus dem erfindungsgemäßen Lotmaterial lässt sich dadurch erklären, dass Ni mit Bi intermetallische Phasen (NiBi mit ca. 75 Gew.-% Bi bzw. NiBi₃ mit ca. 91 Gew.-% Bi) bildet, die bevorzugt an den Korngrenzen ausgeschieden werden und dadurch zu einer Dispersionsverfestigung des Lotgefüges führen. Gleichzeitig wird elementares Bi in das Innere der Körner der Lötverbindung verdrängt, wodurch eine Mischkristallhärtung bewirkt wird, die ebenfalls zur Verbesserung der Kriechbeständigkeit beiträgt. Zusätzlich wird dabei verhindert, dass der Legierungsanteil Bi mit anderen Legierungsanteilen, insbesondere mit Sn lokal Legierungszusammensetzungen mit niedrigschmelzenden Eutektika ausbildet, welche zu einem lokalen Aufschmelzen der Lotverbindung bei geringen Temperaturen und damit zu einem dramatischen Abfall der Kriechbeständigkeit führen würden (Eutektikum des Legierungssystems SnBi beispielsweise bei 138°C).

Die erläuterte positive Wirkung von Ni auf die Kriechbeständigkeit durch die Einwirkung von Ni auf den Legierungsbestandteil Bi ist jedoch nur zu beobachten, wenn für Bi ein Anteil in der Legierungszusammensetzung von 10 Gew.-% nicht überschritten wird. Hierin ist auch ein wesentlicher Unterschied zu einem Lotmaterial gemäß der deutschen Offenlegungsschrift DE 199 04 765 A1 zu sehen, in der zwar Sn, Ag, Cu, Bi, Sb und Ni enthaltende Legierungen offenbart sind, jedoch der Legierungsanteil von Bi zwischen 43 und 58 Gew.-% liegt. Dies führt aufgrund des bereits erwähnten Eutektikums des SnBi-Systems von 138°C zu Schmelzpunkten der in der DE 199 04 765 A1 offenbarten Lotmaterialien, die nicht höher als 140°C liegen. Eine Eignung von diesen Lotmaterialien für Lötverbindungen mit einer Betriebstemperatur von bis zu 150°C ist daher bei diesen Lotmaterialien nicht gegeben, da diese bei 150°C bereits verflüssigt wären. Aufgrund des verglichen mit dem erfindungsgemäßen Lotmaterial um über 20% höheren Bi-Anteils sind im Übrigen die für das erfindungsgemäße Lotmaterial beschriebenen Verfestigungsmechanismen nicht übertragbar auf die Lotmaterialien gemäß DE 199 04 765 A1.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung enthält die Legierung 2 bis 5 Gew.-% Ag, 1 bis 3 Gew.-% Bi, 1 bis 3 Gew.-% Sb, 0,5 bis 1,5 Gew.-% Cu und 0,05 bis 0,3 Gew.-% Ni. Die Zulegierung der Legierungselemente zu Sn in den angegebenen Bereichen hat sich als besonders vorteilhaft erwiesen, da sich das SnAgCu-System als Grundlage der Legierung im naheutektischen Bereich befindet und sich insbesondere mittels der weiteren Legierungskomponenten Bi, Sb und Ni eine ausgewogene Kombination der Effekte zur Absenkung der Schmelztemperatur bezüglich des SnAgCu-Eutektikums und zur Verbesserung der Kriechbeständigkeit erzielen lassen. Hierbei ist die besondere Bedeutung des Legierungsanteiles an Ni zu erwähnen, welches lediglich bis zu einer Höhe von ungefähr 0,2 Gew.-% im Gefüge der Lötverbindung löslich ist, so dass der 0,2 Gew.-% übersteigende Anteil an Nickel die Ausscheidung von

anderen Legierungselementen vorrangig an den Korngrenzen provoziert und so zu einer Dispersionsverfestigung führt.

Ein besonderes Reaktionslot oder auch Schichtlot erhält man durch ein Lotmaterial, welches eine Lotkomponente M1 und eine weitere Lotkomponente M2 enthält, wobei die Lotkomponente M1 neben Sn als Hauptbestandteil 2 bis 5 Gew.-% Ag, 3 bis 12 Gew.-% Bi, 0,5 bis 1,5 Gew.-% Cu und 0,1 bis 0,3 Gew.-% Ni und die weitere Lotkomponente M2 neben Sn als Hauptbestandteil 2 bis 5 Gew.-% Ag, 0,5 bis 1,5 Gew.-% Cu, 1 bis 5 Gew.-% Sb und 1,0 Gew.-% Ni enthält. Ein weiteres Reaktionslot/Schichtlot nach einer anderen Ausgestaltung der Erfindung besteht aus einem Lotmaterial, bei dem eine Lotkomponente M1 und eine weitere Lotkomponente M2 vorgesehen sind, wobei die Lotkomponente M1 neben Sn als Hauptbestandteil 2 bis 5 Gew.-% Ag, 3 bis 6 Gew.-% Bi, 1 bis 3 Gew.-% Sb und 0,5 bis 1,5 Gew.-% Cu und die weitere Lotkomponente M2 neben Sn als Hauptbestandteil 2 bis 5 Gew.-% Ag, 0,5 bis 1,5 Gew.-% Cu und 1,0 Gew.-% Nickel enthält.

Bei beiden Varianten des Reaktionslotes/Schichtlotes ist der Bi-Anteil der zu bildenden Lotverbindung in der Lotkomponente M1 konzentriert, während die Lotkomponente M2 Bi-frei ist. Hierdurch wird der Schmelzpunkt der Lotkomponente M1 im Verhältnis zur Lotkomponente M2 abgesenkt, wodurch in dem Lotmaterial Lotkomponenten verschiedener Schmelzpunkte miteinander kombiniert sind. Die niedrigschmelzende Lotkomponente bewirkt vorteilhaft die Benetzung von den Lotanschlussflächen (beispielsweise an Bauteil und Substrat) bereits bei niedrigen Temperaturen. Während des Lötprozesses erfolgt dann eine Legierungsbildung zwischen den Lotkomponenten M1 und M2, wobei die dabei entstehende homogene Legierung einen höheren Schmelzpunkt aufweist, als die niedriger schmelzende Lotkomponente M1. Die entstehenden Legierungszusammensetzungen der homogenen Legierung sind, wie oben bereits beschrieben, vorteilhaft durch eine hohe Kriechfestigkeit gekennzeichnet. Damit können die bereits erwähnten, geforderten hohen Einsatz-

temperaturen für die Lötverbindung gewährleistet werden. Vergleiche bei der Verarbeitung von Fertiglotpulvern mit einer einzigen Lotkomponente und Reaktionslotpulvern mit einer Mischung von zwei Lotkomponenten haben außerdem ergeben, dass
5 sich die Prozesstemperaturen für den Lötvorgang um 5 bis 10°C absenken lassen. Dies lässt sich damit begründen, dass nach Überschreiten der Schmelztemperatur der niedrighschmelzenden Lotkomponente M1 die höherschmelzende Lotkomponente M2 durch die geschmolzene Lotkomponente M1 angelöst wird, wobei be-
10 reits deutlich unterhalb der Schmelztemperatur der Ziellegierung, d. h. der Legierung, die durch die homogene Mischung der Lotkomponenten M1 und M2 entsteht, eine Benetzung der Kontaktflächen der Lötverbindung stattfindet.

15 Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Lotkomponente M1 und die weitere Lotkomponente M2 im Verhältnis $M1 : M2 = 1 : 1,5$ bis 9, d. h. mindestens im Verhältnis $1 : 1,5$ und höchstens im Verhältnis $1 : 9$, bezogen auf das Gewicht von M1 und M2 zusammengesetzt sind. Durch die Varia-
20 tion des Mischungsverhältnisses $M1 : M2$ können in der Ziellegerung vorteilhaft unterschiedliche Legierungsgehalte erzeugt werden, wobei für diese unterschiedlichen Legierungsgehalte nur die beiden Lotkomponenten M1 und M2 als Vorrat gehalten werden müssen. Damit lassen sich vorteilhaft beson-
25 ders wirtschaftlich Lotwerkstoffe herstellen, da die Kosten für die Lagerhaltung von lediglich wenigen Lotkomponenten vergleichsweise gering bleiben.

Eine andere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass in
30 der Legierung ein Verhältnis $Sb : Bi$ von $1 : 1,5$ bis 3, d. h. mindestens ein Verhältnis von $1 : 1,5$ und höchstens $1 : 3$, insbesondere jedoch ein Verhältnis von $1 : 2$, bezogen auf das Gewicht von Sb und Bi besteht. Für diesen Verhältnisbereich von $Sb : Bi$ hat es sich gezeigt, dass sich eine besonders
35 feine Gefügestruktur mit geringer Korngröße in der Lötverbindung ausbildet. Dabei konnte beobachtet werden, dass eine Lösung von bis zu 0,2 Gew.-% Ni im Gefüge eine kornfeinende

Wirkung erzielt. Am stärksten zeigt sich dieser Effekt bei einem Mischungsverhältnis Sb : Bi von 1 : 2, so dass durch Variation dieses Verhältnisses Sb : Bi innerhalb der oben angegebenen Bandbreite die Korngröße gezielt eingestellt werden
5 kann.

Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Legierung einen Ni-Gehalt von 0,05 bis 0,2 Gew.-% aufweist. Bei diesen Gehalten von Ni unterhalb der Löslichkeitsgrenze
10 von ca. 0,2 Gew.-% Ni im Gefüge der Lötverbindung treten Ni-haltige Ausscheidungen nur begrenzt auf. Durch Überschreiten des Ni-Gehaltes von 0.2 Gew.-% vermehren sich die Ni-haltigen Ausscheidungen insbesondere an den Korngrenzen, wodurch der bereits erwähnte Vorgang der Dispersionsverfestigung gezielt
15 beeinflusst werden kann. Selbstverständlich besteht auch bei Ni-Gehalten von weniger als 0.2 Gew.-% ein Zusammenhang zwischen einem steigenden Ni-Gehalt und einer Zunahme feindispers verteilter Ausscheidungen, allerdings wird die Bildung von Ausscheidungen unterhalb der Löslichkeitsgrenze von
20 Ni durch die Einstellung von Gleichgewichten zwischen gelöstem und ausgeschiedenem Ni bestimmt.

Ein besonders vorteilhaftes, als Fertiglot verwendbares Lotmaterial besitzt die Zusammensetzung $\text{SnAg}_{3,3-4,7}\text{Cu}_{0.3-1,7}\text{Bi}_{2,3}\text{Sb}_{1,1}\text{Ni}_{0,2}$. Die Vorteile bei der Verwendung der Legierungselemente Bi, Sb und Ni sind bereits erläutert worden. Bei der Basislegierung SnAgCu handelt es sich bei den angegebenen Zusammensetzungen um naheutektische Zusammensetzungen im Bezug auf das SnAgCu -Eutektikum. Bevorzugt werden untereutektische Zusammensetzungen des Basissystems, da für diese Zusammensetzungen beim Reflowlöten die Ausbildung feinerer Partikel (Ausscheidungen) beobachtet werden konnte.
30

Ein besonders vorteilhaftes, als Reaktionslot oder auch
35 Schichtlot verwendbares Lotmaterial weist eine Lotkomponente M1 mit der Legierungszusammensetzung $\text{SnAg}_{3,8}\text{Cu}_{0,7}\text{Bi}_{1,0}\text{Ni}_{0,15}$ und eine weitere Lotkomponente M2 mit der Legierungszusammen-

setzung $\text{SnAg}_{3,8}\text{Cu}_{0,7}\text{Sb}_{2,0}\text{Ni}_{0,15}$ auf. Bei Bildung der Ziellegerung aus den Lotkomponenten wird dabei für das Basissystem SnAgCu vorteilhaft eine eutektische Zusammensetzung erreicht.

5 Vorteilhaft ist es, die Anteile der Lotkomponente M1 und der weiteren Lotkomponente M2 im Lotmaterial im Verhältnis $\text{M1} : \text{M2} = 30 \text{ Gew.-%} : 70 \text{ Gew.-%}$ auszubilden. Der Bi-Gehalt beträgt dann 3 Gew.-% und der Sb-Anteil 1,4 Gew.-%, wodurch die Bedingung $\text{Sb} : \text{Bi} = 1 : 2$ vorteilhaft annähernd erreicht
10 wird.

Der Einfluss einer Variation der Legierungsgehalte der einzelnen Legierungsanteile der erfindungsgemäßen Sechsstoff-Legierung sind in der Figur qualitativ dargestellt. Sn bildet
15 dabei jeweils die Hauptkomponente, d. h. dass abhängig vom Legierungsgehalt der weiteren Legierungsanteile Sn einen Legierungsanteil aufweist, der die Legierung zu 100 Gew.-% ergänzt - selbstverständlich abzüglich weiterer, in Spuren tretender Verunreinigungen, die im Zusammenhang dieser Anmeldung
20 nicht als Legierungselemente verstanden werden sollen. Davon unabhängig können Verunreinigungen auch positive Auswirkungen auf die Verwendung des Lotmaterials haben. So lässt z. B. ein Phosphorgehalt im Promillebereich (gewichtsbezogen) eine Verbesserung der Oxidationseigenschaften der ausgebildeten Lötverbindung erwarten.
25

Die in der Figur neben den Pfeilen angegebenen Bereiche in Gew.-% für die einzelnen Legierungsanteile stellen Richtwerte dar, in denen es sich gezeigt hat, dass das aus vielen Faktoren bestehende Eigenschaftsprofil der erhaltenen Lötverbindung besonders vorteilhaft ausgebildet ist. Dieses ist jedoch
30 nicht als Einschränkung der im Zusammenhang mit der Erfindung beanspruchten Bereiche der einzelnen Legierungsbestandteile zu verstehen. Vielmehr können die Anforderungen des Einzelfalles zu Lötlegierungszusammensetzungen führen, die den in
35 der Figur dargestellten, vorteilhaften Bereich verlassen und

im Einzelnen durch entsprechende Versuche ermittelt werden müssen.

Die Pfeile sind mit Buchstaben gekennzeichnet, welche die jeweiligen, betrachtete Eigenschaft kennzeichnen, die in der unten stehenden Tabelle aufgeführt sind. Die Pfeile weisen jeweils in die Richtung, in der die entsprechende Eigenschaft durch Verändern des Legierungsanteils steigt.

Pfeil	betroffene Legierungsanteile	beeinflusste Eigenschaft
A	Ag	Ablegierungswiderstand
B	Sb, Ni	Ablegierungsgeschwindigkeit
C	Ag, Cu, Bi	Thermische Stabilität/Kriechbeständigkeit
D	Bi	Druckfestigkeit
E	Ag, Cu, Bi	Scherbelastbarkeit
F	Ni	Unterstützung der Bildung von Ausscheidungen
G	Ag	Größe der Ausscheidungen
H	Sb	Homogenisierung des Gefüges
I	Bi	Absenkung des Schmelzbegins des Schmelzbereiches
K	Sb	Absenkung der Obergrenze des Schmelzbereiches

10

Das Lotmaterial kann in allen gebräuchlichen Formen als Barren, Stangen, Drähte, Folien, Pulver oder Beschichtungen zum Einsatz kommen. Beschichtet werden können z. B. die zu verbindenden Lötkontakte wobei es auch möglich ist, jeweils einen Kontakt mit der Lotkomponente M1 und dem anderen Kontakt mit der Lotkomponente M2 zu beschichten. Mittels Beschichten können auch Schichtlote hergestellt werden, in denen die Lotkomponenten M1 und M2 einander abwechseln. Grundsätzlich sind auch Lotmaterialien mit mehr als zwei Komponenten denkbar, wobei die Schichtlote dann in geeigneter Reihenfolge aufeinander geschichtet werden.

15

20

Die Lotkomponente M1 und M2 und eventuell weitere Lotkomponenten können auch in Form von Pulvern miteinander vermischt werden, so dass ein Reaktionslot entsteht. Das Lotmaterial in
5 Pulverform kann selbstverständlich auch mittels eines Bindemittels zu einer Lotpaste verarbeitet werden.

Patentansprüche

1. Lotmaterial, enthaltend eine Legierung, die neben Sn (Zinn) als Hauptbestandteil 10 Gew.-% oder weniger Ag (Silber), 10 Gew.-% oder weniger Bi (Wismut), 10 Gew.-% oder weniger Sb (Antimon) und 3 Gew.-% oder weniger Cu (Kupfer) enthält,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die Legierung weiterhin 1,0 Gew.-% oder weniger Ni (Nickel) enthält.
2. Lotmaterial, enthaltend mehrere Lotkomponenten mit derartigen Legierungszusammensetzungen und Anteilen im Lotmaterial, dass sich durch Verschmelzung der Lotkomponenten eine Legierung bildet, die neben Sn (Zinn) als Hauptbestandteil 10 Gew.-% oder weniger Ag (Silber), 10 Gew.-% oder weniger Bi (Wismut), 10 Gew.-% oder weniger Sb (Antimon) und 3 Gew.-% oder weniger Cu (Kupfer) enthält
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass in zumindest einer der Lotkomponenten weiterhin Ni (Nickel) in einer derartigen Menge enthalten ist, dass die Legierung 1,0 Gew.-% oder weniger Ni enthält.
3. Lotmaterial nach Anspruch 1 oder 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass, die Legierung 2 bis 5 Gew.-% Ag, 1 bis 3 Gew.-% Bi, 1 bis 3 Gew.-% Sb, 0,5 bis 1,5 Gew.-% Cu, und 0,05 bis 0,3 Gew.-% Ni enthält.
4. Lotmaterial nach Anspruch 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass eine Lotkomponente M1 und eine weitere Lotkomponente M2 vorgesehen sind, wobei die Lotkomponente M1 neben Sn als Hauptbestandteil 2 bis 5 Gew.-% Ag, 3 bis 12 Gew.-% Bi, 0,5 bis 1,5 Gew.-% Cu und 0,1 bis 0,3 Gew.-% Ni und die weitere Lotkomponente M2 neben Sn als Hauptbestandteil 2 bis 5 Gew.-%

12

Ag, 0,5 bis 1,5 Gew.-% Cu, 1 bis 5 Gew.-% Sb und 1,0 Gew.-% Ni enthält.

5. Lotmaterial nach Anspruch 2,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass eine Lotkomponente M1 und eine weitere Lotkomponente M2 vorgesehen sind, wobei die Lotkomponente M1 neben Sn als Hauptbestandteil 2 bis 5 Gew.-% Ag, 3 bis 6 Gew.-% Bi, 1 bis 3 Gew.-% Sb und 0,5 bis 1,5 Gew.-% Cu und die weitere Lotkom-
10 ponente M2 neben Sn als Hauptbestandteil 2 bis 5 Gew.-% Ag, 0,5 bis 1,5 Gew.-% Cu, und 1,0 Gew.-% Ni enthält.

6. Lotmaterial nach Anspruch 4 oder 5,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
15 d a s s d i e L o t k o m p o n e n t e M 1 u n d d i e w e i t e r e L o t k o m p o n e n t e M 2 i m V e r h ä l t n i s $M1 : M2 = 1 : 1,5$ bis 9, bezogen auf das Gewicht von M1 und M2 zusammengesetzt sind.

7. Lotmaterial nach einem der vorangehenden Ansprüche,

20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass in der Legierung ein Verhältnis Sb : Bi von 1 : 1,5 bis 3, insbesondere ein Verhältnis von 1 : 2, bezogen auf das Gewicht von Sb und Bi besteht.

25 8. Lotmaterial nach Anspruch 7,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die Legierung einen Ni-Gehalt von 0,05 bis 0,2 Gew.-% aufweist.

30 9. Lotmaterial nach Anspruch 1,

g e k e n n z e i c h n e t d u r c h
die Zusammensetzung $\text{SnAg}_{3,3-4,7}\text{Cu}_{0,3-1,7}\text{Bi}_{2,7}\text{Sb}_{1,7}\text{Ni}_{0,2}$

10. Lotmaterial nach Anspruch 2,

35 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass eine Lotkomponente M1 mit der Legierungszusammensetzung $\text{SnAg}_{3,8}\text{Cu}_{0,7}\text{Bi}_{10}\text{Ni}_{0,15}$ und eine weitere Lotkomponente M2 mit

13

der Legierungszusammensetzung $\text{SnAg}_{3,8}\text{Cu}_{0,7}\text{Sb}_{2,0}\text{Ni}_{0,15}$ vorgesehen sind.

11. Lotmaterial nach Anspruch 10,
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die Anteile der Lotkomponente M1 und der weiteren Lotkomponente M2 im Lotmaterial das Verhältnis $M1 : M2 = 30$ Gew.-% : 70 Gew.-% bilden.

1/1

